

Iconología de la Formación Yacoraite (Maastrichtiano-Daniano) al sur de la localidad de Maimará, cordillera oriental de Jujuy, Argentina

Cónsole Gonella, Carlos A. y Florencio G. Aceñolaza

Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO–CONICET), Tucumán, Argentina.
Miguel Lillo 205 (4000), San Miguel de Tucumán, Argentina.
carlos_console@yahoo.com.ar

► **Resumen** — El análisis icnológico de la Formación Yacoraite (Maastrichtiano-Daniano) al sur de la localidad de Maimará, en la Cordillera Oriental de la Provincia de Jujuy, Argentina, ha permitido identificar sobre limolitas calcáreas altamente bioturbadas, los icnogéneros *Skolithos*, *Arenicolites*, *Diplocraterion* y *Thalassinoides*, lo que posibilitó la caracterización de la icnofacies arquetípica de *Skolithos*. Esta icnoasociación indica condiciones de energía moderada a alta, siendo probablemente la salinidad, característica de un ambiente mixto, el principal control de la baja icnodiversidad observada.

Palabras clave: Icnofacies *Skolithos*, Formación Yacoraite (Maastrichtiano-Daniano), Jujuy, Argentina.

► **Abstract** — An ichnological analysis of the Yacoraite Formation (Maastrichtian-Danian) in the south environs of Maimará locality, Eastern Cordillera of Jujuy Province, Argentina, allowed us to identify highly bioturbated limestones containing *Skolithos*, *Arenicolites*, *Diplocraterion* and *Thalassinoides*, which make possible the characterization of the archetypal *Skolithos* ichnofacies. This ichnocenosis indicates high energy conditions, being probably the salinity, characteristic of a mixed environment, the main control of the low diversity observed.

Keywords: *Skolithos* Ichnofacies, Yacoraite Formation (Maastrichtian-Danian), Jujuy, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La Formación Yacoraite (Turner, 1959) se caracteriza por constituir un depósito calcáreo tabular, en parte dolomítico, con pelitas y areniscas, además de tobas y vulcanitas (Marquillas y Salfity, 1994) de amplia representación en el noroeste argentino. Se acepta para la unidad una edad que corresponde al lapso Maastrichtiano-Daniano, por lo que su acumulación incluiría la transición Cretácico/Cenozoico. Esta determinación se basa en la presencia de huellas de dinosaurios del Senoniano (Alonso y Marquillas, 1986) y palinomorfos maastrichtianos y danianos (Marquillas *et al.*, 2007; Moroni, 1982).

La paleontología de la formación ha sido analizada y discutida en diversos trabajos. En particular se han reconocido restos fósiles de peces (Arratia y Cione, 1996; Be-

nedetto y Sánchez, 1971, 1972; Cione, 1977; Cione *et al.*, 1985; Cione y Ferreira, 1985) y reptiles (Gasparini y Buffetaut, 1980), gasterópodos, ostrácodos, pelecípodos, escasos miliólidos, carófitas y otras algas, restos vegetales y palinomorfos, además de huellas de dinosaurios y de aves (Alonso, 1980; Alonso y Marquillas, 1986; Marquillas *et al.*, 2005; Marquillas *et al.*, 2007; Marquillas y Salfity, 1994).

Desafortunadamente los antecedentes particulares sobre la iconología de la unidad son escasos. Para la provincia de Salta Frenquelli (1936) alude la existencia de trazas de vermiformes, y Marquillas (1984) menciona trazas fósiles debidas a vermiformes y gasterópodos.

Es muy interesante el antecedente de Marquillas (1985) quien describe una traza “constituida por una serie de lóbulos de longitud, ancho y espesor variables que se disponen formando un enrejado, donde la ma-

yoría de los espacios interlobulares tienen diseños poligonales (pentagonales, hexagonales o rómbicos)", tratándose la misma probablemente de *Thalassinoides*. En ese mismo trabajo ilustra una traza simple atribuible a *Lockeia*. Palma (2000) describe bioturbación por acción de invertebrados alterando la estructura original de varios niveles sedimentarios de la unidad, pero sin indicar las características morfológicas de las trazas observadas.

El primer trabajo sistemático sobre las trazas de la Formación Yacoraite pertenece a Cónsole Gonella *et al.* (2009a) quienes identificaron a la icnofacies de *Glossifungites* en la localidad de Jueya, provincia de Jujuy, 12 km al norte de Maimará, localidad investigada en este trabajo. Es notoria la predominancia en estos niveles de los icnogéneros *Skolithos*, *Gastrochaenolites* y *Trypanites*, los cuales indican características de plataforma somera y elevada energía con influencia mareal, caracterizando probablemente una superficie de omisión extendida.

En este aporte se presenta el análisis icnofacial de la Formación Yacoraite, 3 km al sur de la localidad de Maimará, sobre la Cordillera Oriental, Departamento Tilcara, Provincia de Jujuy (figura 1), se describen por primera vez para la unidad los icnogéneros *Diplocraterion*, *Arenicolites* y *Thalassinoides*, y se discuten las implicancias paleoambientales de su registro.

METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo se realizó un levantamiento geológico escala 1:20.000 del área de estudio, y luego de ser elegida la sección que presentaba mejor preservación de las estructuras sedimentarias biogénicas se relevó un perfil estratigráfico de detalle (figura 2). El análisis taxonómico de las trazas fósiles se realizó en campo y laboratorio.

MARCO GEOLÓGICO

La Formación Yacoraite es una de las unidades que integran el Grupo Salta (Turner, 1959). Este grupo ha sido definido como una cuenca de tipo rift, cuyos depósitos, de 5000 m de espesor, se acumularon entre el Neocomiano y el Eoceno, por lo que la sedimentación abarca la transición cretácico-cenozoica (Marquillas *et al.*, 2003). Su cuenca se desarrolló totalmente sobre basamento precámbrico y paleozoico, notándose que las distintas formaciones del Grupo Salta se apoyan ya sea sobre rocas pampeanas, especialmente las del Cratógeno Central, o bien sobre las formaciones del Paleozoico

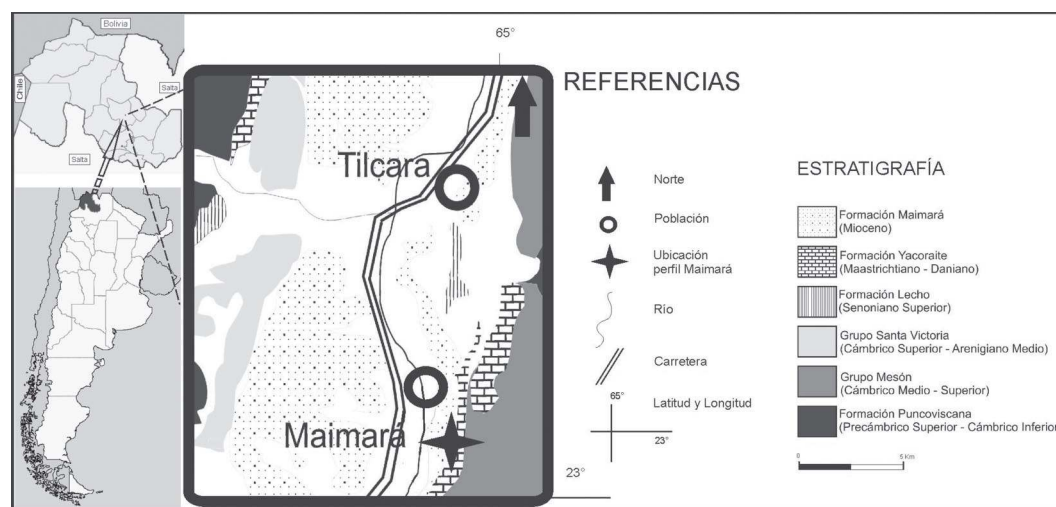


Figura 1. Mapa geológico del área de estudio.

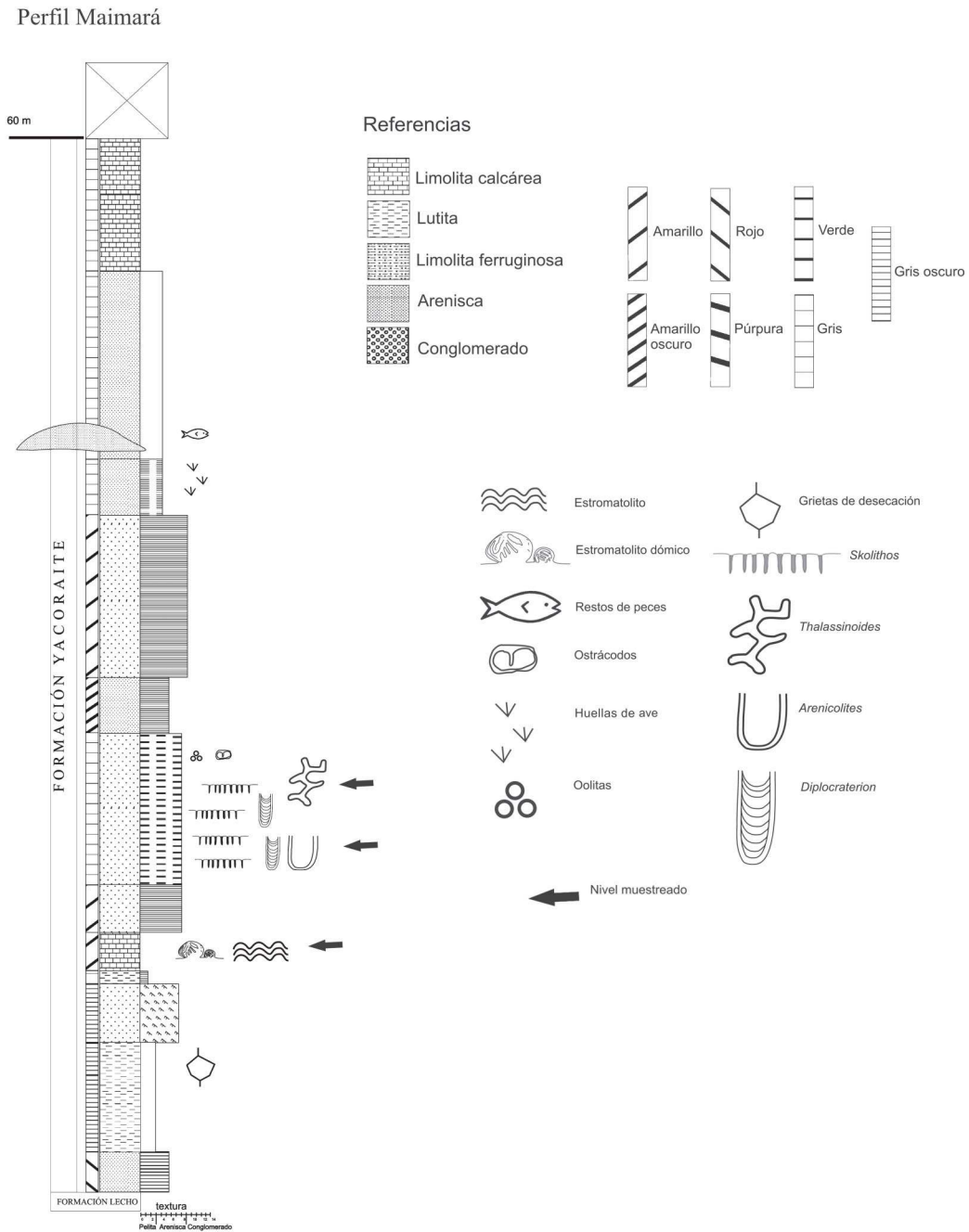


Figura 2. Perfil estratigráfico de la sección relevada.

inferior del norte argentino (Aceñolaza y Toselli, 1981). La unidad más característica del Subgrupo Balbuena (Moreno, 1970) es la Formación Yacoraite. La “Cuenca Yacoraite”

se ha definido como una cuenca carbonática restringida, somera y extensa, de posición intracontinental, alejada de las influencias directas y permanentes del mar abierto y por

lo tanto con caracteres que le son propios (Marquillas, 1985). Está ampliamente distribuida en el noroeste argentino en una serie de fosas o subcuencas: Tres Cruces, Lomas de Olmedo, Metán, Alemanía, Cerro Hermoso, El Rey y El Charco o Sey. El área estudiada corresponde al ámbito de la Subcuenca de Tres Cruces, y pertenece a la provincia geológica de Cordillera Oriental.

Se considera que la unidad se acumuló durante el estadio inicial de subsidencia terminal del rift del Grupo Salta.

La unidad ha sido caracterizada sedimentológicamente como una cuenca carbonática somera y extendida, y partir de la continua y rápida migración del nivel de base del oleaje se infieren pendientes suaves de plataforma somera epicontinental (Marquillas, 1985). Las facies sedimentarias indican condiciones someras, en posiciones próximas a la costa (*shoreface*) en alternancia con depósitos sublitorales, y el dominio de estructuras de oleaje tanto de buen tiempo como de tormenta, lo que sugiere un régimen dominado por olas, con mareas subordinadas (Marquillas, 1985). Estas consideraciones son consecuentes con los análisis geoquímicos realizados sobre sus calizas, los que revelan valores de isótopos estables coherentes con el ambiente marino somero predominante del depósito (Marquillas *et al.*, 2007).

EL REGISTRO PALEONTOLÓGICO EN LA LOCALIDAD DE MAIMARÁ

El registro paleontológico de la Formación Yacoraite en la localidad de Maimará es diverso. Los vertebrados están representados principalmente por peces, habiendo sido identificados los pycnodontiformes (*Osteichthyes*, *Actinopterygii*, *Neopterygii*), y en particular la especie *Coelodus toncoensis* (Arratia y Cione, 1996; Cione y Pereira 1985; Cione *et al.*, 1985) definida en la provincia de Salta por Benedetto y Sánchez (1971), además de otros ejemplares de pycnodontiformes indeterminados (Cónsole Gonella *et al.*, 2009b). Cónsole Gonella *et al.* (2009b) mencionan el hallazgo de una pieza dentaria

atribuible a la especie de cocodrilo *Dolichochampsia minima*, ya registrado anteriormente para la unidad por Gasparini y Buffetaut (1980) en la provincia de Salta, aunque por su similitud morfológica cabe la posibilidad de que se trate en realidad de un diente de pez de la familia *Lepisosteidae* (*Actinopterygii*, *Semionotiformes*) por lo que son necesarias futuras investigaciones para dilucidar esta cuestión.

Entre los invertebrados, los más representados son los moluscos, principalmente los gasterópodos (Bonarelli, 1927; Schlagintweit, 1937) destacándose la especie definida en la localidad, *Zygopleura maimarensis* (Bonarelli, 1927); además de bivalvos (Cónsole Gonella *et al.*, 2009b) que hasta el momento no han sido determinados taxonómicamente.

Las trazas de vertebrados también son abundantes en Maimará, habiendo sido descritas huellas de dinosaurio bípedos y tridáctilos (Alonso, 2007) y huellas de ave tridáctilas por Cónsole Gonella *et al.* (2009b).

Estos hallazgos indicarían un ambiente litoral, de aguas salobres y poca profundidad, no siendo terminante en este sentido la presencia de peces pycnodontiformes (Cione y Pereira, 1985) quienes habitan aguas de salinidad muy variable. De igual manera la malacofauna sugeriría un ambiente mixto, aunque la antigüedad del aporte original de Bonarelli (1927), requiere una revisión sistemática detallada. La abundancia de huellas de vertebrados indica la proximidad de la costa, o por lo menos áreas esporádicamente emergidas.

El valor biostratigráfico de estos registros fósiles para la localidad de Maimará debe ser reevaluado, ya que desafortunadamente los taxones determinados poseen un amplio registro cronológico, por lo que se hace necesaria una revisión exhaustiva del material a nivel genérico y específico. Sin embargo, en este sentido, Sial *et al.* (2001) determinaron en la localidad la presencia del límite K/T a partir de un estudio isotópico, lo que permitiría ubicar a la fauna relacionada, por lo menos, en el Cretácico Superior alto (Maastrichtiano Superior).

ICNOLOGÍA SISTEMÁTICA

Icnogénero *Skolithos* Haldeman, 1840

Icnoespecie tipo: *Fucoides? linearis*
Haldeman, 1840.

Diagnosis.— *Skolithos* es un tubo simple, no bifurcado, no decorado, que se extiende a lo largo de un eje, a veces levemente curvo, y orientado en sentido perpendicular a la estratificación (Haldeman, 1840).

Skolithos isp. Haldeman, 1840
figuras 3.1 y 3.2

Material y repositorio.— Forma muy frecuente, presente en varios niveles de la Formación Yacoraite, al sur de la localidad de Maimará, Cordillera Oriental de Jujuy. Muestra depositada en la Colección Paleontológica de Invertebrados de la Fundación Miguel Lillo (PIL 14.601) además de análisis *in locus*.

Descripción.— Galerías de desarrollo vertical respecto a los estratos, rectas, no dicotomizadas ni revestidas. El diámetro es variable de 10 mm a 35 mm, y longitud de hasta 90 mm en los casos de mayor desarrollo. Presentan relleno masivo, sin ornamentación interna o externa, y en planta la mayoría de sus terminaciones son netas y las secciones circulares a levemente ovaladas.

Observaciones.— *Skolithos* Haldeman 1840 es una traza simple, no bifurcada, no decorada, recta a levemente curvada, generalmente orientada perpendicularmente a la estratificación. *Skolithos* puede ser encontrada en una variedad de ambientes deposicionales, desde marinos a continentales, habiendo sido encontrados en canales de marea, llanuras de marea, deltas, estuarios y depósitos de tormenta (Droser, 1991). Si bien la diagnosis original realizada por Haldeman (1840) es de difícil acceso, James (1892) la presenta de forma completa, y parcialmente Howell (1943), destacándose entre las contribuciones más recientes las de Gregory *et al.* (2006), Schrifl y Uchman (2005) y Nieva y Aceñolaza (2006). Estos autores discuten la taxonomía de este icnogénero y sinonimizan a *Skolithos* con *Tigilli-*

tes y *Monocraterion*, con la excepción de *Monocraterium tentaculatum*. En particular Gregory *et al.* (2006) sugiere la revisión de lo propuesto por Alpert (1974), Fillion y Pickerill (1990) y Schrifl (2000) en relación al origen de *Skolithos* como producto de la actividad de forónidos o anélidos, demostrando la validez del mismo para la designación de trazas generadas por plantas.

Arenicolites Salter, 1857

Icnoespecie tipo: *Arenicolites* Salter, 1857

Diagnosis.— Tubos verticales en U sin spreite (Fürsich 1974b).

Arenicolites isp.
figuras 3.3, 3.4 y 3.5

Material y repositorio.— Forma frecuente, presente en varios niveles en los afloramientos de la Formación Yacoraite, al sur de la localidad de Maimará, Cordillera Oriental de Jujuy.

Muestras depositadas en la Colección Paleontológica de Invertebrados de la Fundación Miguel Lillo (PIL 14.602) además de análisis *in locus*.

Descripción.— Estructuras circulares adyacentes en U sin spreite sobre limolitas calcáreas. Su diámetro varía entre 2 mm y 10 mm, y la distancia entre ellas oscila entre 2 y 40 mm. La base de las estructuras no es observable. El relleno de las estructuras presenta una textura mayor a la roca hospedante. *Arenicolites* isp. no presenta pared distinguible.

Observaciones.— El icnogénero *Arenicolites* se registra comunmente asociado a *Diplocraterion*. Una revisión sistemática de *Arenicolites* Salter, 1857, fue realizada por Häntzschel (1962) y por Fürsich (1974b). *Arenicolites* se caracteriza por constituir una traza de morada (Bromley 1996) típica de ambientes marinos poco profundos, aunque también hay registros marinos profundos (Bromley y Asgaard 1979). Muchas clases de animales vivientes pueden realizar excavaciones verticales del sustrato en U como *Arenicolites*, principalmente como estructuras de

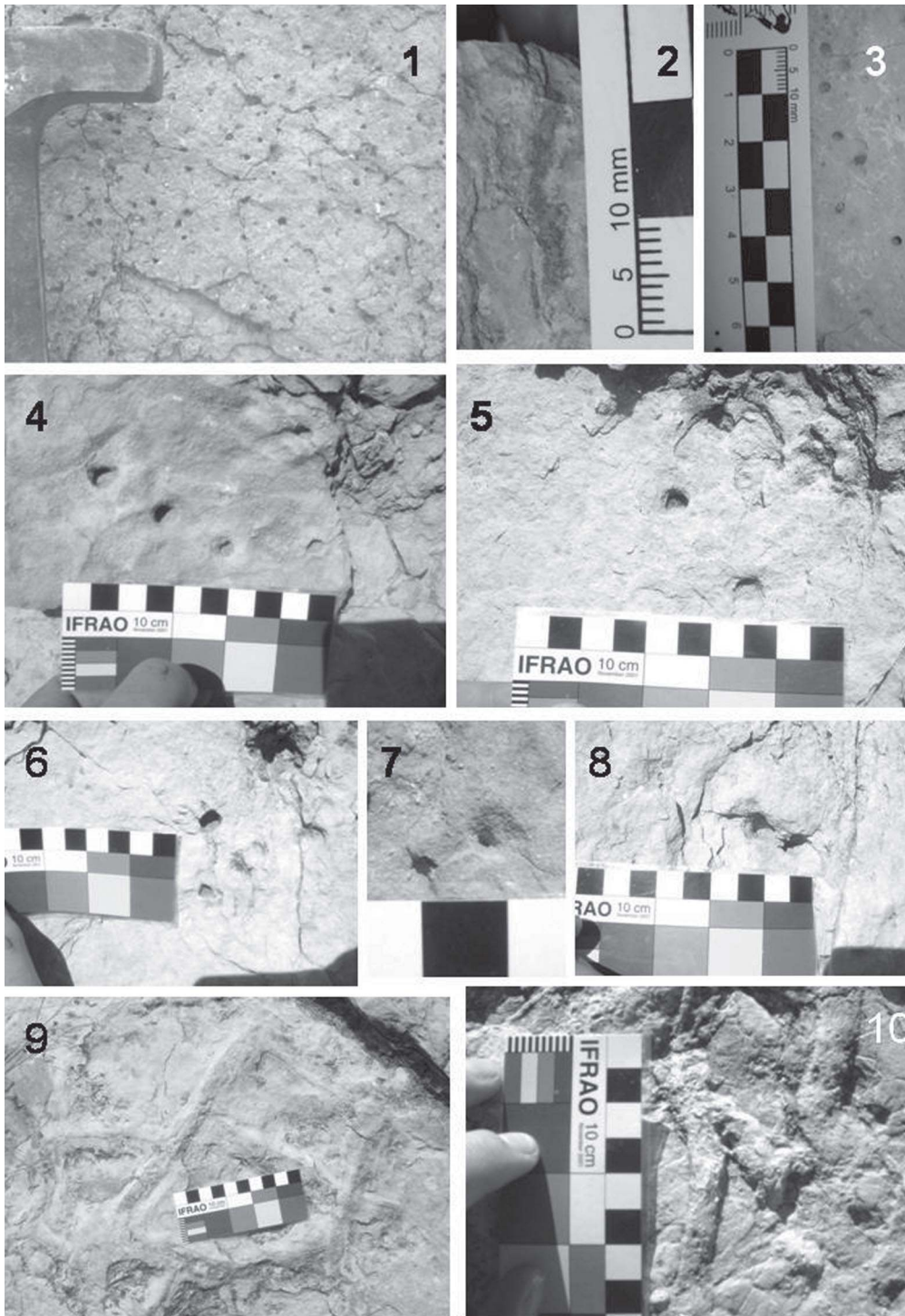


Figura 3. Trazas fósiles de La Formación Yacoraite. **1**, *Skolithos* isp. Haldeman, 1840. Estrato mostrando icnofábrica del tipo piperock. **2**, *Skolithos* isp. Haldeman, 1840, (PIL 14.601). **3,4,5**, *Arenicolites* isp. Salter, 1857. (PIL 14.602). **6,7,8** *Diplocraterion parallelum* Torell, 1870. (PIL 14.603). **9,10**, *Thalassinoides* isp. Ehrenberg, 1944. Análisis *in locus*.

habitación, entre ellos gusanos poliquetos, crustáceos anfípodos e inclusive insectos (Chamberlain, 1977).

Diplocraterion Torell, 1870
Icnoespecie tipo: *Diplocraterion parallelum* Torell, 1870

Diagnosis.— Tubos en U, con brazos paralelos y spreite unidireccional (subsecuente a Fürsich, 1974a).

Diplocraterion parallelum Torell, 1870
figuras 3.6; 3.7 y 3.8

Material y repositorio.— Forma frecuente, presente en varios niveles en los afloramientos de la Formación Yacoraite, al sur de la localidad de Maimará, Cordillera Oriental de Jujuy.

Muestra depositada en la Colección Paleontológica de Invertebrados de la Fundación Miguel Lillo (PIL 14.603) además de análisis *in locus*.

Descripción.— *Diplocraterion* es observado en dos dimensiones perpendicularmente a la estratificación, en forma de dos estructuras paralelas circulares unidas entre ellas por spreite unidireccional, sobre limolitas calcáreas y areniscas finas. El diámetro de estas estructuras varía entre 1 y 1,5 cm y la separación existente entre ellas varía entre 2 y 5 cm, estimándose la profundidad de la traza entre 10 y 15 cm. El relleno es análogo a la roca hospedante, observándose mayor selección. Solamente spreite protrusivo ha sido reconocido.

Observaciones.— *Diplocraterion parallelum* ha sido diagnosticado originalmente por Torell (1870), para el Cámbrico inferior de Suiza. Otras asignaciones se han utilizado, sin embargo, para describir tubos en U con desarrollo de spreite (*i.e.* *Corophioides* Smith, 1893 y *Polypsilon* Howell, 1957). Fürsich (1974a) sugirió que estos icnogéneros deben ser sinonimizados con *Diplocraterion* Torell, 1870. Una reseña de *Diplocraterion* es realizada por Fillion y Pickerill (1990). *Diplocraterion* ha sido clasificada como una estructura permanente de morada,

cuyo rango cronológico va del Cámbrico al Oligoceno (Bromley, 1996), producida por organismos suspensívoros o predadores bentónicos caracterizando ambientes del alta energía (Fürsich 1975).

Icnogénero *Thalassinoides* Ehrenberg, 1944
Icnoespecie tipo: *Thalassinoides callianassae* Ehrenberg, 1944

Diagnosis.— Sistema extenso de túneles con elementos verticales y horizontales. Excavaciones cilíndricas de entre 2 y 20 cm de diámetro. La ramificación es regular, caracterizada por la forma de bifurcaciones en Y, y engrosamientos en los puntos de bifurcación. Los sistemas horizontales se conectan a la superficie mediante túneles verticales o fuertemente inclinados, asociados frecuentemente con restos de callianásidos (subsecuente a Kennedy, 1967).

Thalassinoides isp.
figuras 3.9 y 3.10

Material.— Forma frecuente, presente en varios niveles de la Formación Yacoraite, al sur de la localidad de Maimará, Cordillera Oriental de Jujuy. Análisis *in locus*.

Descripción.— Sistema de túneles sobre limolita calcárea. El diámetro de los túneles varía entre 20 y 40 mm, siendo muy variable la distancia entre los puntos de unión. Los túneles son rectos a levemente curvos. Los ejes verticales presentan un diámetro de 30 mm, y su morfología es perfectamente vertical. El relleno de los túneles presenta textura más gruesa que la roca hospedante.

Observaciones.— *Thalassinoides* por lo general es interpretado como una traza fodinichnial construida por crustáceos infaunales, pero no sólo decápodos (Frey *et al.*, 1978; Mónaco y Garassino, 2001), u otras clases de artrópodos (Ekdale, 1992). También se ha sugerido que en algunos casos *Thalassinoides* puede ser una traza agrichnial, en la cual el excavador se alimenta de cultivos microbiales que crecen sobre o en las paredes de la madriguera (Bromley, 1996). *Thalassinoides* y *Ophiomorpha* son

icnogéneros del tipo “cross-facies trace fossils”, es decir que pueden ser encontrados en las facies más diversas (Frey *et al.*, 1978). Descripciones *in extenso* de este icnogénero fueron discutidas por Fürsich (1973), Bromley y Frey (1974) y Ekdale (1992). La ausencia de una pared construida permite diferenciarlo fácilmente de *Ophiomorpha*.

DISCUSIÓN

Si bien el modelo icnofacial original de Seilacher (1964; 1967) brindó una respuesta a muchos cuestionamientos sobre la importancia de la batimetría en la distribución y recurrencia de las trazas fósiles, posteriores trabajos indicaron que las icnofacies originales pueden estar desplazadas de sus ambientes originales (Ekdale, 1978; Kern y Warme, 1974; Pemberton y Frey, 1984). Los principales controles en esta distribución serían el tipo de sustrato, la energía del medio, el contenido de nutrientes, la oxigenación, salinidad y tasas de sedimentación y erosión (Buatois *et al.*, 2002). Sin embargo la relación existente entre batimetría e icnofacies debe ser cuidadosamente utilizada en el análisis de cuencas (Byers, 1982; Ekdale, 1988; Frey *et al.*, 1990).

Cónsole Gonella *et al.* (2009) analizaron el dominio de la icnofacies de *Glossifungites* en la Formación Yacoraite en el área de Jujuy (Jujuy), explicándose la presencia de sólo dos icnogéneros dominantes (*Skolithos* y *Gastrochaenolites*) probablemente por dominancia de agua salobre en el ambiente de sedimentación. Al sur de la localidad de Maimará se hace notoria la aparición de *Skolithos*, *Thalassinoides*, *Arenicolites* y *Diplocraterion* como icnogéneros dominantes en la unidad. *Skolithos*, *Arenicolites* y *Diplocraterion* son elementos típicos de la icnofacies arquetípica de *Skolithos*, lo cual indica un ambiente relativamente somero (Pemberton *et al.*, 1992). Por su parte *Thalassinoides* es un icnogénero del tipo “cross-facies trace fossils” (Frey *et al.*, 1978).

Particularmente el icnogénero *Skolithos* es definido principalmente en una variedad de ambientes marinos de baja profundidad,

cercanos a la costa (Droser, 1991), aunque otros aportes indiquen la posibilidad de encontrarlo en ambientes continentales (Gregory *et al.*, 2006; Krapovickas *et al.*, 2008). La icnofábrica tipo “pipe rock” es propia de zonas litorales arenosas de gran energía dominadas por *Skolithos* (Bottjer y Droser, 1991). De igual manera *Diplocraterion* y *Arenicolites* han sido caracterizados como icnogéneros propios de ambientes de alta energía (Bromley y Asgaard 1979, Fürsich 1975).

CONCLUSIONES

La presencia de los icnogéneros *Skolithos*, *Arenicolites*, *Diplocraterion* y *Thalassinoides* ha permitido distinguir la icnofacies arquetípica de *Skolithos* en la Formación Yacoraite al sur de Maimará. *Arenicolites*, *Diplocraterion* y *Thalassinoides* son descritos por primera vez para la unidad.

Esta icnocenosis es típica de zonas de alta energía, y si bien, como fuera indicado en la discusión, se debe tener cuidado en la realización de inferencias batimétricas, se infiere un ámbito marino poco profundo y salobre, situación consecuente tanto con la caracterización sedimentológica del depósito proporcionada por Marquillas (1985) como con lo sugerido por la fauna fósil asociada. En este contexto las condiciones de salinidad baja serían el principal control de la baja icnodiversidad observada.

La icnología de la Formación Yacoraite ha demostrado una interesante complejidad en lo conspicuo de sus icnofacies y el grado de bioturbación observado sobre los niveles sedimentarios analizados, constituyendo un nuevo e importante elemento para la discusión geológica de la unidad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al CONICET por proveer los recursos económicos para llevar adelante la investigación. También se agradece la colaboración de los Dres. Rosa A. Marquillas, Guillermo F. Aceñolaza, Sergio M. Georgieff, Sonia Di Cunzolo, Silvana

Urquiza y Luis Horta, por su inestimable colaboración. A Patricio Herrera Oviedo, Pablo Machuca Arias y Franco Campos por su apoyo en las tareas de campo. Finalmente queremos expresar nuestro reconocimiento al Dr. Carlos Cingolani y a un anónimo evaluador por sus sugerencias y comentarios al manuscrito original.

BIBLIOGRAFÍA

- Aceñolaza, F. G. y A. J. Toselli. 1981. Geología del Noroeste Argentino. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, 212 pp.
- Alonso, R. N. 1980. Icnitas de dinosaurios (Ornithopoda, Hadrosauridae) en el Cretácico superior del Norte de Argentina. *Acta Geológica Lilloana* 15: 55-63.
- Alonso, R. N. 2007. Dinosaurios: Salteños y Argentinos. Un Fascinante Capítulo en la Historia de la Tierra. CRISOL EDICIONES, Salta, 180 pp.
- Alonso, R. N. y R. A. Marquillas. 1986. Nueva localidad con huellas de dinosaurios y primer hallazgo de huellas de aves en la Formación Yacoraite (Maastrichtiano) del Norte Argentino. IV Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. *Actas* 2: 33-41, Mendoza.
- Alpert, S. P. 1974. Systematic review of the genus *Skolithos*. *Journal of Paleontology* 48: 661-669.
- Arratia, G. y A. L. Cione. 1996. The fish fossil record of Southern South America. *Münchener Geowissenschaften Abhandlungen* 30: 9-72.
- Benedetto, J. L. y T. Sánchez. 1971. El hallazgo de peces Pycnodontiformes (Holostei) en la Formación Yacoraite (Cretácico Superior) de la Provincia de Salta, Argentina, y su importancia paleobiológica. *Acta Geológica Lilloana* 11: 151-176.
- Benedetto, J. L. y T. Sánchez. 1972. *Coelodus tarcoensis* nov. sp. (pisces, Holostei, Pycnodontiformes) de la Formación Yacoraite (Cretácico Superior) de la Provincia de Salta. *Ameghiniana* 14: 59-71.
- Bonarelli, G. 1927. Fósiles de la Formación Petrolífera. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 30: 55-115.
- Bottjer, D. J. y M. L. Droser. 1991. Ichnofabric and basin analysis. *Palaaios* 6: 199-205.
- Buatois, L. A. y A. Encinas. 2006. La icnofacies de Glossifungites en el contacto entre las formaciones Navidad (Miembro Rapel) y La Cueva, Plioceno de la Cordillera de la Costa, Chile: Su significado estratigráfico-secuencial. *Ameghiniana* 43 (1): 3-9.
- Buatois, L. A.; M. G. Mángano y F. G. Aceñolaza. 2002. Trazas fósiles: Señales de comportamiento en el registro estratigráfico. Ediciones Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Chubut, 382 pp.
- Bromley, R. G. 1996. Trace Fossils, Biology, Taphonomy and Applications, Second edition. CHAPMAN AND HALL, Londres, 361 pp.
- Bromley, R. G. y U. Asgaard. 1979. Triassic freshwater ichnocoenoses from Carlsberg Fjord, East Greenland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 28: 39-90.
- Bromley, R. G. y R. W. Frey. 1974. Redescription of the trace fossil *Gyrolithes* and taxonomic evaluation of *Thalassinoides*, *Ophiomorpha* and *Spongiomorpha*. *Bulletin of the Geological Society of Denmark* 23: 311-335.
- Byers, C. W. 1982. Geological significance of marine biogenic sedimentary structures. En: McCall, P. L. y J. S. Tevesz. (Eds.), *Animal-sediment Relations: the Biogenic Alteration of Sediments*: 221-256. Plenum Press. New York.
- Chamberlain, C. K. 1977. Ordovician and Devonian trace fossils from Nevada. *Nevada Bureau of Mines and Geology Bulletin* 90: 1-24.
- Cione, A. L. 1977. Algunas consideraciones sobre Pycnodontiformes (Pisces, Holostei) procedentes de la Formación Yacoraite, Cretácico tardío de la provincia de Salta, Argentina. *Ameghiniana* 14: 315-316.
- Cione, A. L. y S. M. Pereira. 1985. Los peces de la Formación Yacoraite (Cretácico tardío-Terciario?, Noroeste argentino) como indicadores de Salinidad. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 40: 83-88.
- Cione, A. L.; S. M. Pereira; R. Alonso y J. Arias. 1985. Los bagres (Osteichthyes, Siluriformes) de la Formación Yacoraite (Cretácico tardío). Consideraciones biogeográficas y bioestratigráficas. *Ameghiniana* 21: 294-304.
- Cónsole Gonella, C. A.; M. Griffin y F. G. Aceñolaza. 2009a. Gastropods associated with Fossil Traces from Yacoraite Formation (Maastrichtian-Danian), and its Paleoenvironmental Significance, Jujuy, Northwestern Argentina. *Acta Geológica Sinica*. 83 (1): 860-867.
- Cónsole Gonella C. A.; L. R. Horta; P. E. Herrera Oviedo; M. Griffin.; S. M. Georgieff y F. G. Aceñolaza. 2009b. An estuarine fossil assemblage from the Yacoraite Formation (Maastrichtian-Danian) and its paleoenvironmental significance. Jujuy - Northwestern Argentina. IX International conference on fluvial sedimentology. *Actas* p. 27.
- Droser, M. L. 1991. Ichnofabric of the Paleozoic *Skolithos* ichnofacies and the nature and distribution of *Skolithos* piperock. *Palaaios* 6: 316-325.
- Ehrenberg, K. 1944. Ergänzende Bemerkungen zu den seinerzeit aus dem Miozan von Burgschleinitz beschriebenen Gangkern und Bauten dekapoder Krebse. *Palaeontologische Zeitschrift* 23: 354-359.
- Ekdale, A. A. 1978. Abyssal trace fossils in worldwide Deep Sea Drilling Project cores. En: Crimes, T. P., y J. C. Harper, (Eds.), *Trace Fossils II*: 163-182. Seel House, Liverpool.

- Ekdale, A. A. 1988. Pitfalls of paleobathymetric interpretations based on trace fossils assemblages. *Palaios* 3: 464-472.
- Ekdale, A. A. 1992. Muckraking and mudslinging: the joys of deposit feeding. En: Maples, C. G. y R. R. West, (Eds.), *Trace Fossils*: 145-171. Paleontological Society Short Course 5, Knoxville.
- Ekdale, A. A.; R. G. Bromley y S. G. Pemberton. 1984. *Ichnology, Trace Fossils in Sedimentology and Stratigraphy*. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Short Course, Tulsa 15 pp.
- Fillion, D. y R. K. Pickerill. 1990. Ichnology of the Upper Cambrian? To Lower Ordovician Bell Island and Wanaba groups of Eastern Newfoundland, Canada. *Palaeontographica Canadiana* 7: 1-119.
- Freguelli, J. 1936. Investigaciones geológicas en la zona salteña del valle de Santa María. *Obra del Cincuentenario del Museo de La Plata*, 2: 215-527.
- Frey R. W.; J. D. Howard y W. A. Pryor. 1978. *Ophiomorpha*: its morphologic, taxonomic, and environmental significance. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 23: 199-229.
- Frey, R. W.; S. G. Pemberton y T. D. Saunders. 1990. Ichnofacies and bathymetry: a passive relationship. *Journal of Paleontology* 64: 155-158.
- Fürsich, F. T. 1973. A revision of the trace fossils Spongiomorpha, Ophiomorpha and Thalassinoides. *Neues Jahrb. Geologie und Paläontologie-Monatshefte* 6: 719-735.
- Fürsich, F. T. 1974a. On *Diplocraterion* Torell 1870 and the significance of morphological features in vertical, spreiten-bearing, U-shaped trace fossils. *Journal of Paleontology* 48: 952-954.
- Fürsich, F. T. 1974b. Corallian (Upper Jurassic) trace fossil from England and Normandy. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie B* 13: 1-51.
- Fürsich, F. T. 1975. Trace fossils as environmental indicators in the Corallian of England and Normandy. *Lethaia* 8: 151-172.
- Gasparini, Z. y E. Buffetaut. 1980. *Dolichochoampsa minima*, n.g.n.sp., a representative of a new family of eusuchian crocodiles from the Late Cretaceous of northern Argentina. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte* 8: 257-271.
- Gregory, M. G.; K. A. Campbell; R. Zuraida, y A. J. Martin. 2006. Plant traces resembling *Skolithos*. *Ichnos* 13: 205-216.
- Haldeman, S. S. 1840. Supplement to Number one of "A monograph of the Limniades, and other freshwater univalve shells of North America", containing descriptions of apparently new animals in different classes, and the names and characters of the subgenera in *Paludina* and *Anculosa* 3pp.
- Häntzschel, W. 1962. Trace fossils and problematica. En: Moore, R. C. (Ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology, Part W, Miscellaneous*: 177-245. Geological Society of America and University of Kansas Press, Kansas.
- Howell, B. J. 1943. Burrows of *Skolithos* and *Planolites* in the Cambrian Hardyston Sandstone at Reading, Pennsylvania. *Wagner Free Institute of Science* 3: 3-33.
- Howell, B. J. 1957. New Cretaceous Scoleciform Annelid from Colorado. *Palaeontological Society of India Journal* 2: 149-152.
- James, J. F. 1892. Studies in problematic organisms—the genus *Skolithos*. *Geological Society of America Bulletin* 3: 32-44.
- Kennedy, W. J. 1967. Burrows and surface traces from the Lower Chalk of southern England. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology* 15: 127-167.
- Kern, J. P. y J. E. Warne. 1974. Trace fossils and bathymetry of the Upper Cretaceous Point Loma Formation, San Diego, California. *Geological Society of America Bulletin* 85: 893-900.
- Krapovickas V.; M. G. Mángano; A. Mancuso; C. A. Marsicano y W. Volkheimer. 2008. Icnofaunas triásicas en abanicos aluviales distales: evidencias de la Formación Cerro Puntudo, Cuenca Cuyana, Argentina. *Ameghiniana* 45 (2): 463-472.
- Marquillas, R. A. 1984. La Formación Yacoraite (Cretácico Superior) en el río Juramento, Salta: Estratigrafía y ciclicidad. IX Congreso Geológico Argentino. Actas 186-196, San Carlos de Bariloche.
- Marquillas, R. A. 1985. Estratigrafía, sedimentología y paleoambientes de la Formación Yacoraite (Cretácico superior) en el tramo austral de la cuenca, Norte Argentino: Tesis doctoral, Universidad Nacional de Salta, 139 pp.
- Marquillas R.; C. Del Papa, y I. F. Sabino. 2005. Sedimentary aspects and paleoenvironmental evolution of a rift basin: Salta Group (Cretaceous-Paleogene), northwestern Argentina. *International Journal of Earth Sciences* 94: 94-113.
- Marquillas, R. A.; C. Del Papa; I. Sabino, y J. Heredia. 2003. Prospección del límite K/T en la cuenca del Noroeste, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 2: 271-274.
- Marquillas R.; I. Sabino; A. Nóbrega Sial; C. Del Papa; V. Ferreira, y S. Matthews. 2007. Carbon and oxygen isotopes of Maastrichtian-Danian shallow marine carbonates: Yacoraite Formation, northwestern Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 23: 304-320.
- Marquillas, R. A. y J. A. Salfity. 1994. Las relaciones estratigráficas regionales de la Formación Yacoraite (Cretácico Superior), Norte de la Argentina. VII Congreso Geológico Chileno. Actas 1: 479-483.
- Monaco, P. y A. Garassino. 2001. Burrows and body fossil of decapod crustaceans in the Calcarei Grigi, Lower Jurassic, Trento platform (Italy). *Geobios* 34 (3): 291-301.

- Moreno, J. A. 1970. Estratigrafía y paleogeografía del Cretácico Superior en la cuenca del noroeste argentino, con especial mención de los Subgrupos Balbuena y Santa Bárbara. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 24, 9-44.
- Moroni, A. M. 1982. Correlación palinológica en las Formaciones Olmedo y Yacoraite. Cuenca del Noroeste Argentino. III Congreso Geológico Chileno. *Actas* 340-349.
- Nieva, S. M. y G. F. Aceñolaza. 2006. Estratigrafía e Icnología de la Formación Candelaria (Furongiano-Ordovícico Inferior) en su área tipo, Sierra de la Candelaria, Provincia de Salta. *Serie Correlación Geológica* 21: 47-58.
- Palma, R. M. 2000. Lacustrine facies in the Upper Cretaceous Balbuena subgroup (Salta Group): Andina Basin, Argentina. En: Gierlowski-Kordesch E. H. y K. R. Kelts (Eds.), *Lake basins through space and time*: 46: 323-332. *AAPG Studies in Geology*.
- Pemberton, S. G. y R. W. Frey. 1984. Ichnology of storm-influenced shallow marine sequence: Cardium Formation (Upper Cretaceous) at Seebe, Alberta. En: Stott, D. F., y Glass, D. J., (Eds.), *The Mesozoic of Middle North America: Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir* 9: 281-304.
- Pemberton, S. G.; J. A. MacEachern y R. W. Frey. 1992. Trace fossils facies models: environmental and allostratigraphic significance. En: R. G. Walker y N. P. James (Eds.), *Facies models and sea level changes*. *Geological Society of Canada Journal* 47-72.
- Salter, J. W. 1857. On annelide-burrows and surface-markings from the Cambrian rocks of the Longmynd. *Geological Society of London Quarterly Journal* 13: 199-206.
- Schlagintweit, O. 1937. Observaciones Estratigráficas en el Norte Argentino. *Boletín de Informaciones Petroleras* 152: 1-52.
- Schlirf, M. 2000. Upper Jurassic trace fossils from the Boulonnais (northern France). *Geologica et Palaeontologica* 34: 145-213.
- Schlirf, M. y A. Uchman. 2005. Revision of the ichnogenus *Sabellarifex* Richter, 1921 and its relationship to *Skolithos* Haldeman, 1840 and *Polikladichnus* Fürsich, 1981. *Journal of Systematic Palaeontology* 3: 115-131.
- Seilacher, A. 1964. Biogenic sedimentary structures. En: Imbrie, J. and Newell, N., (Eds.), *Approaches to Paleocology* 296-316.
- Seilacher, A. 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology* 5: 413-428.
- Sial, A. N.; V. P. Ferreira; A. J. Toselli; A. M. Parada; F. G.; Aceñolaza; M. M. Pimentel; y R. N. Alonso. 2001. Carbon and Oxygen Isotope Compositions of Some Upper Cretaceous-Paleocene Sequences in Argentina and Chile. *International Geology Review* 43: 892-909.
- Smith, J. 1893. Peculiar U-shaped tubes in sandstone near Crawfordland Castle and in Gowkha Quarry, near Killwinning. *Geological Society of Glasgow Journal* 9: 289-292.
- Torell, O. 1870. *Petrificata Suecana Formationis Cambriacae*. *Lunds University Arsskr* 6: 1-14.
- Turner, J. C. M. 1959. Estratigrafía del cordón de Escaya y de la sierra de Rinconada (Jujuy). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 13: 15-39.